

脳をつくるプロジェクト

Make Brain Project

石川慶孝 Yoshitaka Ishikawa

1. 背景

全体: 脳をつくるプロジェクトは、新しい人工知能を作成することや脳の仕組みの現実問題への応用を目標として活動している。我々のプロジェクトでは、3つのグループに分かれて活動している。A班は「神経回路モデルによる歩行シミュレーション」、B班は「視覚を持つAIカー」、C班は「ソマティックマーカー仮説に基づいたGANによる音楽生成」というグループ名で活動していた。

A班: 計算論的神経科学では、ニューロンおよびニューラルネットワークの情報処理の仕組みを理解するために、ニューロンと神経回路をモデル化しシミュレーションをおこなう。昆虫の歩行を実現する神経回路は興味深い対象としてこれまで多くの研究がおこなわれてきた[1]。先行研究によって昆虫の歩行を生成する神経回路のメカニズムは明らかになりつつあるが詳細には明らかになっていないことが多い。そのため、本グループでは神経回路のシミュレーションをすることで昆虫の歩行メカニズムの解明を試みている。

B班: 現在、全世界で年間 135 万人が交通事故によって亡くなっている。これは 24 秒に 1 人が亡くなっているという計算になる。そして、これらの殆どが人為的なミスが原因である。また、内閣府の出している警視庁資料による令和 2 年の「道路交通の動向」[2]によると日本で起こる事故も例外ではなく、交通事故のほとんどが追突や右・左折時衝突、出会い頭の衝突といった

人為的ミスによるものである。こういった状況の中、自動運転技術がこれらの事故を減らす可能性があるという注目を集めている。

C班: 本グループは脳の感情処理に焦点を当て、その仕組みを人工知能に活用したいと考えた。脳の感情処理について Damasio らが提唱した「ソマティック・マーカー仮説」に着目した [3]。また機械学習についてはディープラーニングの分野で近年注目を集めている「敵対的生成ネットワーク (GAN)」に着目した。

2. 課題の設定と到達目標

A班: 先行研究[1]では歩行パターンの生成に関する数式だけが書かれており、視覚的に昆虫の歩行を直感的に理解し解析することができない。よって当グループは、3D 物理シミュレータを用いて昆虫の歩行のシミュレーションを可視化し、そこから昆虫の歩行メカニズムを調べる。

B班: 課題としては、まずグループメンバー全員が知識を深めることである。画像認識、機械学習、PWM 制御などの知識を深め、その方法が一番良いかを知ることが必要である。もう一つは、使用する言語や開発のための環境を決定、構築することである。

到達目標は、コースを自分たちで作成し、そのコース内を画像認識や機械学習などの技術を用いて安全に、かつ正確に走ってくれる AI カーを作り上げることである。

る。

C 班: ソマティック・マーカ仮説に基づいて既存の GAN を改良し、音楽生成を行うことを目的としている。また、学習曲線や評価実験の結果を既存の GAN による音楽生成のものと比較することで評価を行う。本グループの取り組みによって、ソマティック・マーカ仮説をディープラーニングに組み込む有用性の判明や新しい音楽生成手法の確率が期待される。

3. 課題解決のプロセスとその結果

A 班: 昆虫の歩行パターンは、脚の神経回路が関節を協調的に動かすことによって実現される。歩行に関わる関節として脚を前後に動かすために使われる Thorax と Coxa 間の関節 (ThC)、上下に動かすために使われる Coxa と Trochanter 間の関節 (CTr) があり、それぞれの関節は、2つの部分回路が制御する。それぞれの部分回路は、周期的なリズムを作り出すセントラルパターンジェネレーター (CPG)、神経回路の働きを筋肉につたえるモーターニューロン (MN)、それらのニューロンの調節をおこなうインターニューロン (IN) によって構成される。また、神経回路は MN をとおして筋肉につながれおり、筋肉にかかる力を制御している。

神経回路の実装はプログラミング言語 Python とその数値計算をおこなうためのライブラリ SciPy を用いた。プログラムした連立微分方程式を初期値問題として解いた。結果として、ThC と CTr 関節の関節角度の時系列データを得た。

歩行を可視化するため 3D 物理シミュレーターとして Pybullet を用いた。昆虫のロボットは URDF (Unified Robot Description Format) で記述され 6 本の脚を持ち各脚の時系列データにもとづき、それぞれ独立に動く。

シミュレーションは、平坦な地面にたいして種類の異なる 2 つの歩行の時系列データを用いておこなった。その結果を動画として保存した。

B 班: 主に AI カーを完成させるために、白線認識、障害物検出、標識認識の機能の開発を行った。

白線認識では主に 3 つの技術を使用した。1 つ目は白線検出で、カメラで取得した画像から白線を検出し、その中心と AI カーとのズレを求めた。2 つ目は PID 制御で、白線検出で求めたズレの値を元にステアリングを制御した。3 つ目は PWM 制御で、カーブの時などのスピードを制御した。

障害物検出には超音波センサーを使用した。AI カーの前方に超音波センサーを搭載しコース内の障害物を検出すると停止するように設定した。AI カーと障害物の間の距離が 20 cm から 15 cm で停止することを想定し作成した。そのため、プログラム上では、AI カーから 20 cm 以内に障害物を検知したときに停止し、検知しなければ走り続けるような動きを作成した。

標識認識には主に 2 つの技術が必要であった。1 つ目が標識の検出である。これにはカスケード分類器を使用し、車体に搭載されたカメラから標識の領域を検出した。2 つ目が標識の判定である。これには CNN モデルを使用し、標識が「止まれ」であるかの判定を行った。

CNN モデルを使用した標識判定では、作成したモデルを実際に Raspberry Pi に導入し検証しようとしたが、モデルに必要なモジュールを Raspberry Pi にインポートできなかった為、検証する事ができなかった。そのためモデルの検証は自分の PC で行い標識を判定した。

C 班: 今回提案するモデルの名称を「SM-GAN」とし

た。SM-GAN の構成を図に示す。

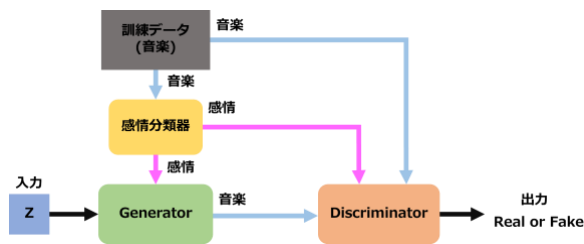


図 1: SM-GAN の構成図

感情分類器は訓練データである音楽データがどの感情を持つかで分類する畳み込みネットワーク (CNN) である。この感情分類器を SM-GAN の学習前に学習させた。訓練データには先行研究である WaveGAN[4]で使用されていたものを選び、感情が読み取れる部分をトリミングしてメンバーでラベルを付けた。ラベル付けには、Hevner の感情モデルによるグループ分けを使用した[5]。

感情分類器の実装後、SM-GAN の実装と WaveGAN との比較を行った。学習のパラメータは同一のものとした。比較では、学習曲線と評価実験を用いた。被験者は「聞きやすさ」、「ピアノ曲らしさ」という項目で 5 段階評価を行った。学習曲線では違いはあまりなかったが、SM-GAN よりも WaveGAN の評価が高かった。評価実験後、訓練データを作り直して 2 回目の評価実験を行った。2 回目の評価実験の内容は 1 回目の評価実験に加えて、生成された音楽にはどの感情があてはまるかという質問を設けた。結果として SM-GAN の性能の向上が見られた。また、追加した質問では SM-GAN は指定した感情の音楽を生成し、被験者はその感情をおおむね当てることができていた。しかし、正解の感情を答えることができた被験者は多くはなかった。被験者は正解の感情を正確に判断することはできなかつたと考えられる。

4. 今後の課題

A 班: 評価と考察は、神経回路のシミュレーション結果と 3D 物理シミュレーションの結果のそれぞれに対しておこなった。前者の結果は、関節の基本的な動きである周期的な運動という点は達成できていたが、いくつかの点で実際の観察データと合わない部分が出た。後者の結果は、可視化という点で達成できたが、それにより神経回路のシミュレーションの結果が直進性という点で問題であることが明らかになった。

前者の課題は、神経回路内のパラメーターを上手く設定することで解決すると思われる。後者の課題は、もともとなった神経回路のシミュレーションもしくは関節角度のデータを 6 脚に複製するところもしくはその両方を解決することで上手くいくと思われる。

B 班: ロジェクト開始時に目標としていた機能を持たすことはできたが、自動運転にはまだ程遠い。改善点として、1 つ目はより多くの道路標識に対応できること、2 つ目は交差点など白線の補助がなく右折、左折、直進の動きができること、3 つ目は複数の AI カーを作成しリアルな交通状況で円滑に動かすことである。

1 つ目を改善点と挙げる理由として、「視覚をもつ AI カー」で認識できる標識は止まれ標識のみであり、他の標識を認識することができないためである。実際の道路では止まれ標識以外にも様々な標識が存在し、その標識の指示に沿った運転をしなければならない。

2 つ目を改善点として挙げる理由として、視覚を持つ AI カーは道路の両脇の白線を認識して白線の間を走行することはできるが、交差点では右折する際は右側に白線があり、左折する際は左側に白線があり、直進する際は白線がなくなるため走行ができなくなるためである。

3つ目を改善点として挙げる理由として、複数の車両が走行していると譲り合う状況が発生するが、私たちのプロジェクトでは視覚を持つ AI カー 1 つしか作成していないため譲り合う状況が発生することは想定していなかったためである。

これらの問題を解決するには、Jetson Nano などを用いて高速な処理を実現すること、CNNを用いた機械学習を用いてとまれ以外の標識認識を可能にすること、進路交譲を行うアルゴリズム [2] を作成することが必要になってくるだろう。衝突する場合などを考えるとトロック問題の処理など、情報処理技術の枠を超えた考え方も必要になるかもしれない。

C 班: SM-GAN の学習が上手くいかない原因はいくつか考えられる。まず 1 回目の評価実験では SM-GAN は WaveGAN よりラベルがついているため学習する量が多かった。学習は同じ回数繰り返したため、ラベルの分だけ学習が進まなかったと考えられる。次に、現在のネットワークの構成では Discriminator に入力されるデータは訓練データからの音楽データと、訓練データが入力された感情分類器からの出力されたラベルである。もし出力されたラベルが誤って分類されたものであれば、適していないラベルが付いた訓練データを取り扱ってしまう。これは学習が上手くいかない原因の一つだと考えられる。また、訓練データに割り当てられた感情のラベルには必然性がないと考えられる。一つのラベルに対して多様な音楽データが存在しており、共通している音楽的特徴が少ないと考えられる。

これらの問題を解決するため、取り組むべき課題は主に 3 つある。一つはネットワークの構造を変えることである。SM-GAN は既存の音楽生成ネットワークに感情分類器を取り入れた GAN であるため、ベースと

なる音楽生成ネットワークを変更することができる。2つ目は学習のアルゴリズムを改良することである。Discriminator に入力されたラベルと訓練データから入力された音楽データに付随しているラベルが異なる場合、重みの更新を行わないなどの変更を行うことが考えられる。3つ目はラベルの付け方の変更を試すことである。例えば、「3 拍子」や「ハ長調」など音楽の客観的に捉えることができる特徴をラベルとして扱うことが挙げられる。

参考文献

- [1] Tóth TI , Knops S , Gruhn S. A neuromechanical model explaining forward, and backward stepping in the stick insect. *Journal of Neurophysiology* 107: 3267–3280, 2012.
- [2]内閣府. 令和 2 年度 交通事故の状況及び交通安全施策の現況. “道路交通事故の動向”.(Accessed on 5/2021)
https://www8.cao.go.jp/koutu/taisaku/r01kou_haku/enbun/genkyo/h1/h1b1s1_2.html
- [3] 大平 英樹 (2014) 感情的意思決定を支える脳と身体の機能的関連, *心理学評論*, 57(1).
- [4]Chris.D & Julian.M & Miller.P, (2019), Adversarial Audio Synthesis, <https://arxiv.org/abs/1802.04208>
- [5] Hevner.K. (1936), Experimental Studies of the Elements of Expression in Music, *American Journal of Psychology*, 48, 246-268.

